

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation<sup>6</sup>:  
H01S 3/06, 3/094, C03B 37/01

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/12429

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum: 3. April 1997 (03.04.97)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/04187  
(22) Internationales Anmeldedatum: 25. September 1996  
(25.09.96)

(30) Prioritätsdaten:  
195 35 526.1 25. September 1995 (25.09.95) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten außer US): LDT  
GMBH & CO. LASER-DISPLAY-TECHNOLOGIE KG  
[DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 2, D-07552 Gera (DE).

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ZELLMER, Holger  
[DE/DE]; Schulenburger Landstrasse 268, D-30419  
Hannover (DE). BONSE, Jörn [DE/DE]; Hainwinkel 3,  
D-31275 Lehrte-Arpk (DE). UNGER, Sonja [DE/DE];  
Talstrasse 16, D-07743 Jena (DE). REICHEL, Volker  
[DE/DE]; Am Teich 10, D-07743 Jena (DE).

(74) Anwalt: GEYER, FEHNERS & PARTNER; Perhamerstrasse  
31, D-80687 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, RU, US, europäisches  
Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, SE).

#### Veröffentlicht

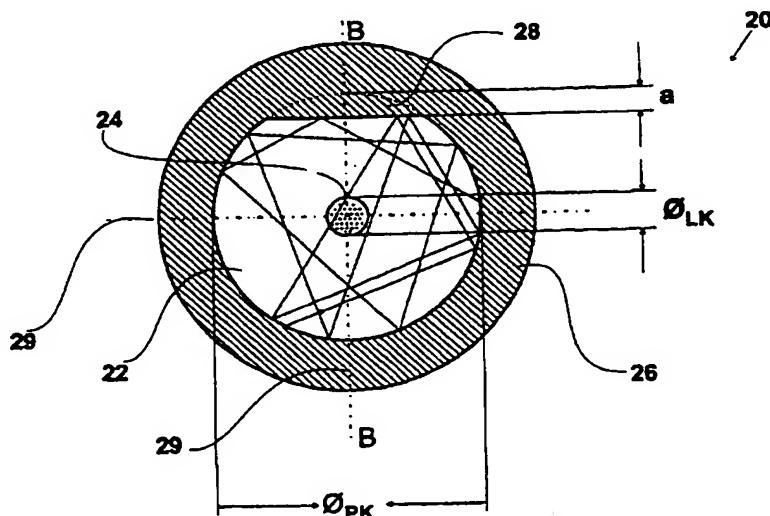
Mit internationalem Recherchenbericht.  
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
eintreffen.

(54) Title: DOUBLE-CORED OPTICAL FIBRE, PROCESS FOR THEIR PRODUCTION, DOUBLE-CORED FIBRE LASER AND  
DOUBLE-CORED FIBRE AMPLIFIER

(54) Bezeichnung: DOPPELKERN-LICHTLEITFASER, VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG, DOPPELKERN-FASERLASER  
UND DOPPELKERN-FASERVERSTÄRKER

#### (57) Abstract

The invention relates to a double-cored optical fibre consisting of a pumping core (22), a laser core (24) arranged centrally therein and a sheath (26) surround the pumping core (22). The essentially circular pump core (22) has a ground section (28) on the outside running in the light direction of the double-cored optical fibre (20) and occupying 1 to 49 % of the diameter of said pump core (22). The invention also relates to a process for producing the double-cored fibre laser and a double-cored fibre amplifier making use of the double-cored optical fibre of the invention. The essentially circular pump core (22) with its centrally fitted laser core (24) facilitates connection of other light guide components and the easy injection of the pump light.



(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
 H 01 S 3/07  
 C 03 B 37/012  
 G 02 B 6/22  
 H 01 S 3/10

識別記号

F I  
 H 01 S 3/07  
 C 03 B 37/012  
 G 02 B 6/22  
 H 01 S 3/10

Z  
Z

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 21 頁)

(21)出願番号 特願平9-513135  
 (86) (22)出願日 平成8年(1996)9月25日  
 (85)翻訳文提出日 平成9年(1997)5月14日  
 (86)国際出願番号 PCT/EP96/04187  
 (87)国際公開番号 WO97/12429  
 (87)国際公開日 平成9年(1997)4月3日  
 (31)優先権主張番号 19535526.1  
 (32)優先日 1995年9月25日  
 (33)優先権主張国 ドイツ(DE)  
 (81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, CN, JP, RU, US

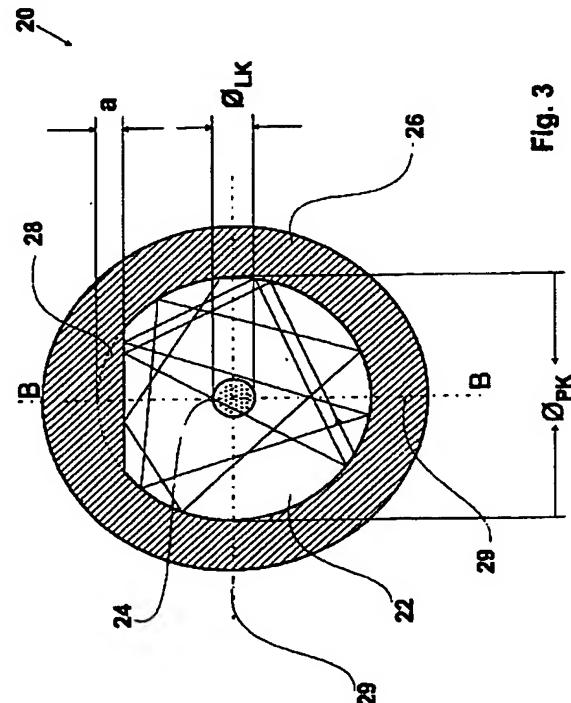
(71)出願人 エルディティ ゲーエムベーハー ウント  
 シーオー. レーザーディスプレーテ  
 クノロギー カーゲー  
 ドイツ連邦共和国 D-07552 ゲラ カ  
 ール ツァイス シュトラーセ 2  
 (72)発明者 ツェルマー、ホルガー  
 ドイツ連邦共和国 D-30419 ハノーフ  
 ィー シューレンブルガー ラントシュト  
 ラーセ 268  
 (72)発明者 ボンゼ、ユルン  
 ドイツ連邦共和国 D-31275 レールテ  
 一アルブケ ハインヴィンケル 3  
 (74)代理人 弁理士 恩田 博宣

最終頁に続く

(54)【発明の名称】二重コア光ファイバ、二重コア光ファイバの製造方法、二重コア・ファイバ・レーザ及び二重コア・ファイバ増幅器

(57)【要約】

本発明はポンプ・コア(22)と、ポンプ・コア(22)の中心に配置されたレーザ・コア(24)と、ポンプ・コア(22)を被覆するクラッド(26)とを有する二重コア光ファイバに関する。ほぼ円形の横断面を有するポンプ・コア(22)は外側に少なくとも1つの研削部分(28)を有する。研削部分(28)は二重コア光ファイバ(20)の光線伝搬方向に延び、かつポンプ・コア(22)の直径の1~49%の量を占める。更に、本発明は二重コア光ファイバの製造方法と、本発明の二重コア光ファイバを有する二重コア・ファイバ・レーザ及び二重コア・ファイバ増幅器に関する。レーザ・コア(24)を中心にはするほぼ円形の横断面を有するポンプ・コア(22)は他のファイバ光学部品に対する簡単な結合と、ポンピング光線の簡単な入射とを可能にする。



## 【特許請求の範囲】

1. ポンプ・コア（22）と、同ポンプ・コア（22）の中心に配置されたレーザ・コア（24）と、ポンプ・コア（22）を被覆するクラッド（26）とを有する二重コア光ファイバであって、ほぼ円形の横断面を備えたポンプ・コア（22）は少なくとも1つの研削部分（28）を外側に有し、前記研削部分（28）は二重コア光ファイバ（20）の光線伝搬方向に延び、かつポンプ・コア（22）の直径の1～49%の量を占める二重コア光ファイバ。
2. レーザ光線波長及び用途に基づき、研削部分（28）を含まないポンプ・コア（22）の直径 $\phi_{PK}$ は5～600μmであり、レーザ・コア（24）の直径 $\phi_{L}$ は1.5～20μmであり、ポンプ・コア（22）の周縁において測定可能な研削部分（28）の厚さaは1～200μmである請求項1に記載の二重コア光ファイバ。
3. 二重コア光ファイバのクラッド（26）はポンプ・コア（22）の屈折率より低い屈折率と、約5μmより大きい厚さとを有するポリマー材料またはガラス材料から形成されている請求項1に記載の二重コア光ファイバ。
4. 二重コア光ファイバの2つの端面は光学軸に対して90度及び90度未満の少なくともいずれか一方の角度をそれぞれなし、かつ光学品質を有し、さらには所定の波長範囲に対する反射層及び反射防止層の少なくともいずれか一方により少なくともレーザ・コア（24）の領域が被覆されている請求項1に記載の二重コア光ファイバ。
5. 円筒形の予備的形成品を石英またはガラスから標準プロセスを用いて形成する工程と、加熱した予備的形成品を引き延ばしてグラス・ファイバを形成する工程とを含む二重コア光ファイバの製造方法であって、前記予備的形成品の形成後、予備的形成品の外周面を少なくとも一度は研削し、前記研削部分は予備的形成品の直径の1～49%であり、二重コア光ファイバは前記研削された予備的形成品を引き延ばすことにより形成し、予備的形成品の引き延ばし温度は予備的形成品の外形及びポンプ・コア（22）の外形を互いに整合した状態に維持するよう調整される製造方法。

6. 前記予備的形成品の研削後、ポンプ・コアの材料より低い屈折率を有するガラス層または石英層を予備的形成品に対して加え、前記ガラス層または石英層の厚さは二重コア光ファイバが予備的形成品の引き延ばし後に少なくとも約80μmの直径を有するように選択される請求項5に記載の二重コア光ファイバの製造方法。

7. 前記予備的形成品の外形は5～20mmであり、予備的形成品の研削部分の厚さは1～8mmであり、予備的形成品は円筒方向に一定の外寸を有するよう形成され、一定の直径を備えたポンプ・コア(22)を有する二重コア光ファイバ(100, 200, 20)は研削部分(28)が存在しない位置における直径φ<sub>PK</sub>が5～600μmになるよう引き延ばされる請求項5に記載の二重コア光ファイバの製造方法。

8. 光線の伝搬方向に順次配置されたポンプ・ソース(レーザ・ダイオード102)と、好ましくは入射用光学素子(106)と、二重コア光ファイバ(110, 20)の前端部に対応する第1の誘電体鏡(108, 32)と、ポンプ・コア(22)、同ポンプ・コア(22)の中心に配置されたレーザ・コア(24)、及びポンプ・コア(22)を被覆するクラッド(26)を有する二重コア光ファイバ(110, 20)と、二重コア光ファイバ(110, 20)の後端部に対応する第2の誘電体鏡(114, 33)とを有する二重コア・ファイ

バ・レーザ(100)であって、

ほぼ円形の横断面を備えたポンプ・コア(22)は少なくとも1つの研削部分(28)を外側に有し、前記少なくとも1つの研削部分(28)は二重コア光ファイバ(20)の光線伝搬方向に延び、かつポンプ・コア(22)の直径の1～49%の量を占める二重コア・ファイバ・レーザ。

9. 二重コア光ファイバの長さは0.1mより大きい請求項8に記載の二重コア・ファイバ・レーザ。

10. 4レベル・レーザ・システムの場合、研削部分(28)が存在しない位置におけるポンプ・コア(22)の直径φ<sub>PK</sub>は75～600μmであり、レーザ・コア(24)の直径φ<sub>LX</sub>は2～20μmであり、ポンプ・コア(22)の周縁に

において測定可能な研削部分（28）の厚さaは5～100μmである請求項8に記載の二重コア・ファイバ・レーザ。

11. 3レベル・レーザ・システム及びアップコンバージョン・レーザ・システムの場合、研削部分（28）が存在しない位置におけるポンプ・コア（22）の直径 $\phi_{PK}$ は10～50μmであり、レーザ・コア（24）の直径 $\phi_{LK}$ は2～10μmであり、ポンプ・コア（22）の周縁において測定可能な研削部分（28）の厚さaは1～15μmである請求項8に記載の二重コア・ファイバ・レーザ。

12. 光線の伝搬方向に順次配置されたポンプ・ソース（レーザ・ダイオード202）と、好ましくはコリメータ光学素子（216）と、ビーム結合装置（ダイクロイック・ミラー218）と、好ましくは入射用光学素子（206）と、ポンピング光線及び光学信号の入射部分としての反射防止ファイバ端面または光学軸に対して傾斜したファイバ端面と、ポンプ・コア（22）、ポンプ・コ

ア（22）の中心に配置されたレーザ・コア（24）、及びポンプ・コア（22）を被覆するクラッド（26）を有する二重コア光ファイバ（200）と、増幅された光学信号の出射部分としての反射防止ファイバ端面または光学軸に対して傾斜したファイバ端面とを有する二重コア・ファイバ増幅器であって、

ほぼ円形の横断面を有するポンプ・コア（22）は少なくとも1つの研削部分（28）を外側に有し、前記研削部分（28）は二重コア光ファイバ（20）の光線伝搬方向に延び、かつポンプ・コア（22）の直径の1～49%の量を占める二重コア・ファイバ増幅器。

13. 二重コア光ファイバの長さは0.1mより長く、二重コア光ファイバの最大の長さは増幅された光学信号がオペレーション中に増幅された自然放射線よりも大きくなるように決定され、二重コア・ファイバの最大の長さは50m未満である請求項12に記載の二重コア・ファイバ増幅器。

14. 4レベル・レーザ・システムの場合、研削部分（28）が存在しない位置におけるポンプ・コア（22）の直径 $\phi_{PK}$ は75～600μmであり、レーザ・コア（24）の直径 $\phi_{LK}$ は2～20μmであり、ポンプ・コア（22）の周縁において測定可能な研削部分（28）の厚さaは5～100μmである請求項12

に記載の可視光線用の二重コア・ファイバ増幅器。

15. 3レベル・レーザ・システム及びアップコンバージョン・レーザ・システムの場合、研削部分(28)が存在しない位置におけるポンプ・コア(22)の直径 $\phi_{PK}$ は10~50 $\mu m$ であり、レーザ・コア(24)の直径 $\phi_{LX}$ は2~10 $\mu m$ であり、ポンプ・コア(22)の周縁において測定可能な研削部分(28)の厚さaは1~15 $\mu m$ である請求項12に記載の可視光線用の二重コア・ファイバ増幅器。

**【発明の詳細な説明】**

二重コア光ファイバ、二重コア光ファイバの製造方法、二重コア・ファイバ・レーザ及び二重コア・ファイバ增幅器

**技術分野**

本発明は請求項1の前提部分に開示する二重コア光ファイバ(Doppelkern-Lichtleitfaser)に関する。

本発明は請求項5の前提部分に開示する二重コア光ファイバの製造方法に関する。

本発明は請求項8の前提部分に開示する二重コア・ファイバ・レーザ(Doppelkern-Faserlaser)に関する。

本発明は請求項12の前提部分に開示する二重コア・ファイバ增幅器(Doppelkern-Faserverstaerker)に関する。

例えば、本発明はレーザ光線を用いた光通信、レーザ技術、レーザ計測技術、医療技術及び画像表示に使用できる。

**従来技術**

クラッドで被覆した円形横断面を備えたポンプ・コアと、同ポンプ・コアの中心に配置されたレーザ・コアとを有する二重コア・ファイバ・レーザは光学通信第20巻第6号(Optics Letters, Vol.20, No.6)の578~580頁に開示されている。この種の二重コア・ファイバ・レーザはヘリックス・ビーム(Helixstrahlen)に起因してポンピング光線の一部のみが中心レーザ・コア内に吸収されるという問題点を有する。ヘリックス・ビームはポンプ・コアの内部で形成されるとともに、レーザ・コア上に入射しない。この結果、ヘリックス・ビームはレーザ・コア内へ吸収されない。

円形横断面を備えたポンプ・コアと、同ポンプ・コアに対して中心のずれた

レーザ・コアとを有する二重コア・ファイバ・レーザは米国特許第4,815,079号に開示されている。この種の二重コア・ファイバ・レーザは製造が困難である。更に、同二重コア・ファイバ・レーザのレーザ・コアの横断面は梢円形に変形し易い。米国特許第4,815,079号は矩形横断面を備えたポンプ・

コアと、中心レーザ・コアとを有する二重コア・ファイバ・レーザを開示している。この二重コア・ファイバ・レーザの製造は複雑である。ポンピング光線の損失はポンプ・コアのエッジにおいて発生する。更に、ポンプ・コアが矩形横断面を有するため、ダイオード・レーザから放射されたポンピング光線のポンプ・コア内への入射は円形横断面を備えたポンプ・コアを有する二重コア・ファイバ・レーザの場合と比べて困難である。更に、矩形横断面を有するファイバ・レーザは標準ファイバ部品との互換性がない。

#### 発明の目的

本発明の目的は簡単に製造でき、かつ増幅器としてのオペレーションにおいて高い効率を実現でき、さらには光ファイバ製造プロセス及び標準部品に対する互換性を有する二重コア光ファイバを提供することにある。本発明の別の目的は簡単に製造でき、かつレーザ・コア内へのポンピング光線のほぼ完全な吸収を可能にし、これにより高い光学効率を実現する二重コア・ファイバ・レーザ及び二重コア・ファイバ増幅器を提供することにある。

#### 発明の概要

請求項1の前提部分に開示する二重コア光ファイバにおいて、本発明の目的は同請求項1の特徴部分によって達成される。

請求項5の前提部分に開示する二重コア光ファイバの製造方法において、本発明の目的は同請求項5の特徴部分によって達成される。

請求項8の前提部分に開示する二重コア・ファイバ・レーザにおいて、本発明の目的は同請求項8の特徴部分によって達成される。

請求項12の前提部分に開示する二重コア・ファイバ増幅器において、本発明の目的は同請求項12の特徴部分によって達成される。

本発明の目的を達成する本発明の実施の形態の別の効果的な展開は各独立請求項に付随する従属請求項によって達成される。

本発明は円形横断面を有するポンプ・コアと、同ポンプ・コアの中心に配置されたレーザ・コアと、ポンプ・コアの外側に形成され、かつ長手方向（二重コア光ファイバの光線伝搬方向）に延びる少なくとも1つの研削部分とを有する二重

コア光ファイバを提供する。研削部分はポンプ・コア内にD形横断面を形成する。研削部分を形成することにより、ポンプ・コアの横断面は対称性を失う。この結果、ヘリカル・ビームの形成が防止される。そして、ポンプ・コア内のビーム通路が無秩序に形成されることにより、入射したポンピング光線はレーザ・コア内にほぼ完全に吸収される。レーザ・コアを中心に配置したほぼ円形の横断面を有するファイバはファイバ光学部品に対する簡単な接続と、ポンピング光線の簡単な入射とを可能にする。

標準プロセスと比較した場合、本発明の二重コア光ファイバの製造方法は比較的簡単に実現できる1つの工程のみを要する。予備的形成品の外周面の研削は光学産業で使用される従来の表面研削機械を用いて実施し得る。

本発明の二重コア光ファイバを用いる二重コア・ファイバ・レーザは従来のファイバ・レーザより高い光学効率を実現するとともに、ポンピング光線の完全吸収に要するファイバ長さが短い。ほぼ円形の横断面を有するポンプ・コアを使用することにより、ポンピング放射線の入射、特にファイバで接続されたポンプ・ソースからのポンピング放射線の入射を低い損失で簡単に実現できる。

本発明の二重コア光ファイバを用いる二重コア・ファイバ增幅器は従来の二重コア・ファイバから形成されたファイバ增幅器より高い光学効率を実現する。ほぼ円形の横断面を有するポンプ・コアを使用することにより、ポンピング放射線の入射、特にファイバで接続されたポンプ・ソースからのポンピング放射線の入射を低い損失で簡単に実現できる。

#### 図面の簡単な説明

本発明を図面に基づいて以下に詳述する。

図1は二重コア・ファイバ・レーザの基本構造を示す概略図である。

図2は従来の円形横断面を備えたポンプ・コアを有する二重コア・ファイバ・レーザの横断面図である。

図3は本発明の二重コア光ファイバの横断面図である。

図4は図3のB-B線における二重コア光ファイバの縦断面図である。

図5は研削部分及びファイバの長さの関数としてのポンピング光線の吸収量を

示すグラフである。

図6は二重コア・ファイバ増幅器の基本構造を示す概略図である。

#### 発明の実施の形態

図1はレーザ・ダイオード102を有するファイバ・レーザ100の基本構造を示す。レーザ・ダイオード102から放射された放射線104は入射用光学素子(Koppeloptik)106及び入射用鏡108を介して二重コア光ファイバ110に入射される。ファイバ110内で形成されたレーザ放射線112は出射用鏡114を介して出射される。2つの鏡108, 114はファイバの両端にそれぞれ直接取付けられている。

図2は従来の二重コア光ファイバ2の横断面図である。二重コア光ファイバは円形横断面を備えたポンプ・コア4を有し、同ポンプ・コア4は石英ガラス等から形成し得る。円形横断面を有するレーザ・コア6はネオジムまたは他の希土類金属をドーピングした媒体等から形成され、さらにはポンプ・コア4の中心に配置されている。ポンプ・コア4は被覆材、即ちクラッド8によって外径部が被覆されている。クラッドはポンプ・コアより低い屈折率を有する透明ポリマーまたは透明ガラス等から形成されている。ポンプ・コア4はレーザ・コア6に対するクラッドとして機能するとともに、ポンピング光線のための高い開口率を有する導波管としても機能する。

図2はヘリックス・ビーム10が円形横断面を備えたポンプ・コア4を有する従来の二重コア光ファイバ内で主に形成される様子を示す。ヘリックス・ビーム10はレーザ・コア6上に入射しない。このため、ヘリックス・ビーム10はレーザ・コア6内に吸収されない。この結果、この種の二重コア光ファイバは約10%のポンプ放射線をレーザ・オペレーションにおいて吸収し得るのみである。

図3及び図4は本発明に基づく石英ガラス等からなるポンプ・コア22を有する二重コア光ファイバ20の横断面及び縦断面をそれぞれ示す。更に、ネオジムをドーピングした媒体等から形成された円形横断面を有するレーザ・コア24がポンプ・コア22内に配置されている。ポンプ・コア22内において、レーザ・コア24は共通対称軸29上に同心をなすように配置されている。更に、ポンプ

・コア22は低い屈折率を有するポリマー等から形成された透明クラッド26で被覆されている。

図4に示す二重コア光ファイバ20は鏡32, 33を有する。例えば、鏡32, 33はファイバの両端面に対してそれぞれ蒸着させることにより形成し得る。これにより、レーザ共振器が形成される。

図2に示す従来の二重コア光ファイバ2とは対照的に、図3及び図4に示すポンプ・コア22はファイバの長手方向に延びる研削部分(Abschliff)28を周面上に有する。研削部分を除くポンプ・コア22の横断面は円形をなす。研削部分28は二重コア光ファイバ横断面の円形対称を失わせる。図3は研削部分28による無秩序なビーム通路の形成を示す。無秩序なビーム通路の形成により、ファイバ内を案内されるほぼ全ての光線は二重コア光ファイバの長さに沿ってレーザ・コア24と相互作用する。更に、適切なファイバ長さを使用することにより、ポンピング光線のほぼ100%を吸収し得る。研削部分はヘリックス・ビームの形成を防止するうえ、簡単に製造できる。また、ポンプ・コア内に1つを越す数の研削部分を形成し得る。例えば、ほぼ円形をなすポンプ・

コアの横断面を維持するとともに、120度の角度でそれぞれ配置された3つの研削部分を形成できる。

二重コア光ファイバ20の寸法を以下に例示する。

ポンプ・コア直径  $\phi_{PK}$  (研削部分でない位置で測定) : 10 ~ 600  $\mu\text{m}$

レーザ・コア直径  $\phi_{LK}$  : 1.5 ~ 20  $\mu\text{m}$

クラッドの厚さ : 5 ~ 100  $\mu\text{m}$

研削部分の厚さ  $a$  : ポンプ・コア直径  $\phi_{PK}$   
の1 ~ 49%

レーザ・アプリケーションの場合、使用するファイバの長さ  $l_F$  は 0.3 ~ 50 m が好ましい。增幅器アプリケーションの場合、使用するファイバの長さ  $l_F$  は 0.3 ~ 10 m が好ましい。

図1及び図4に示すファイバ共振器は誘電体鏡を二重コア光ファイバの両端にそれぞれ配置することにより形成されている。レーザ光線に対する高い反射率と

、ポンピング光線104(図1参照)、34(図4参照)に対する高い透過率とを有する鏡108(図1参照)、32(図4参照)がポンピング側及び入射側にそれぞれ配置されている。更に、ポンピング光線に対する高い反射率と、レーザ光線112(図1参照)、36(図4参照)に対する高い透過率とを有する鏡114(図1参照)、33(図4参照)が出射側に使用されている。鏡32、33、108、114はファイバ端面上に直接配置し得る。即ち、鏡32、33、108、114をファイバ端面上に付勢し得る。また、鏡32、33、108、114をファイバ端面の手前に配置してもよい。

二重コア光ファイバ内において、ポンプ放射線はクラッド26及びポンプ・コア22間の界面で繰り返し反射される。そして、1回または複数回の反射後、ポンプ放射線はレーザ・コア24に入射する。ポンプ放射線はレーザ・コア24によって吸収されるまで同レーザ・コア24と相互作用する。

図5は図1及び図4に示す二重コア光ファイバ・レーザにおけるポンピング光線の吸収量Aを研削部分及びファイバの長さ $l_F$ の関数として示す。1 $\mu m$ の

研削部分を使用した際の曲線40と、5 $\mu m$ の研削部分を使用した際の曲線42と、25 $\mu m$ の研削部分を使用した際の曲線44とはポンピング光線吸収量Aを100 $\mu m$ の直径を有するポンプ・コアに関してそれぞれ示している。更に、曲線46は研削部分を含まない従来の円形横断面を備えたポンプ・コアを有する二重コア光ファイバにおけるポンピング光線吸収量Aを示す。非常に僅かな研削部分を有するポンプ・コアであっても、吸収量Aは従来の円形横断面を備えたポンプ・コアを有する二重コア光ファイバにおける吸収量Aより明らかに大きい。更に、吸収量Aはファイバの長さの増大にともなって増大する。その一方、研削部分の増大にともなう吸収量の増大はあまり顕著ではない。

レーザ・コアを内包するポンプ・コアの外側形状は予備的形成品の1~49%を研削することにより形成されている。研削後、予備的形成品はD形の形状を維持すべく通常温度より低い温度でファイバに引き延ばされる。レーザ・ファイバの材料組成は文献に開示されている標準ファイバの材料組成と同じである。必要とされるファイバの屈折率曲線はゲルマニウム、燐及びフッ素と一緒にドーピン

グすることにより実現される。

図6はポンプ・ソース202を有する二重コア・ファイバ增幅器の基本的構造を示す。ポンプ・ソース202から放射された放射線204はコリメータ216を介して平行に成形される。更に、同放射線204はダイクロイック・ミラー等のビーム結合装置218と、入射用光学素子206とを使用することにより、ファイバ端面を介して二重コア光ファイバ200内に入射される。二重コア光ファイバ内における光学的フィードバックを防止すべく、ファイバ端面208, 214は反射防止コーティングを有するか、または光学軸に対して角度をなすように切断されている。信号放射線220はビーム結合装置218及び入射用光学素子206を介して二重コア光ファイバ内に入射される。増幅された信号放射線212は入射側の反対側に位置する二重コア光ファイバのファイバ端面214から出射する。

4レベル・レーザ・システムまたは4レベル増幅器システム(4-Niveau-Laser-oder-Verstaerkersysteme)の寸法を以下に例示する。

レーザ・コア直径 :  $5 \mu m$

ポンプ・コア直径 :  $125 \mu m$

研削部分の厚さ :  $20 \mu m$

前記の形状寸法及び810nmのポンピング波長を使用した場合、1300pmのネオジムをドーピング化したファイバ・レーザは1060nmのレーザ波長及び2Wの出力において40%を越す光学効率を実現する。

3レベル・レーザ・システムまたは3レベル・レーザ増幅器システム(3-Niveau-Laser-oder-Verstaerkersysteme)と、アップコンバージョン・レーザ(Up-Conversion Laser)とにおける寸法を以下に例示する。

レーザ・コア直径 :  $3.5 \mu m$

ポンプ・コア直径 :  $20 \mu m$

研削部分の厚さ :  $5 \mu m$

前記の形状寸法を使用した場合、プラセオジム及びイッテルビウムでドーピングしたファイバ・レーザは635nmのレーザ波長及び1Wを上回る出力におい

て20%を越す光学効率を実現し得る。

【図1】

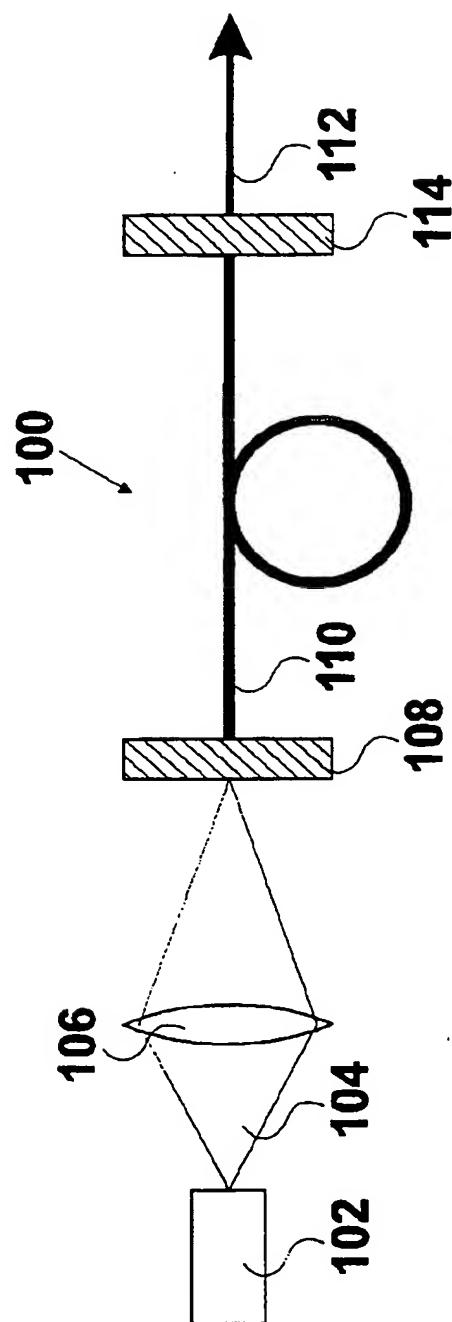


Fig. 1

【図2】

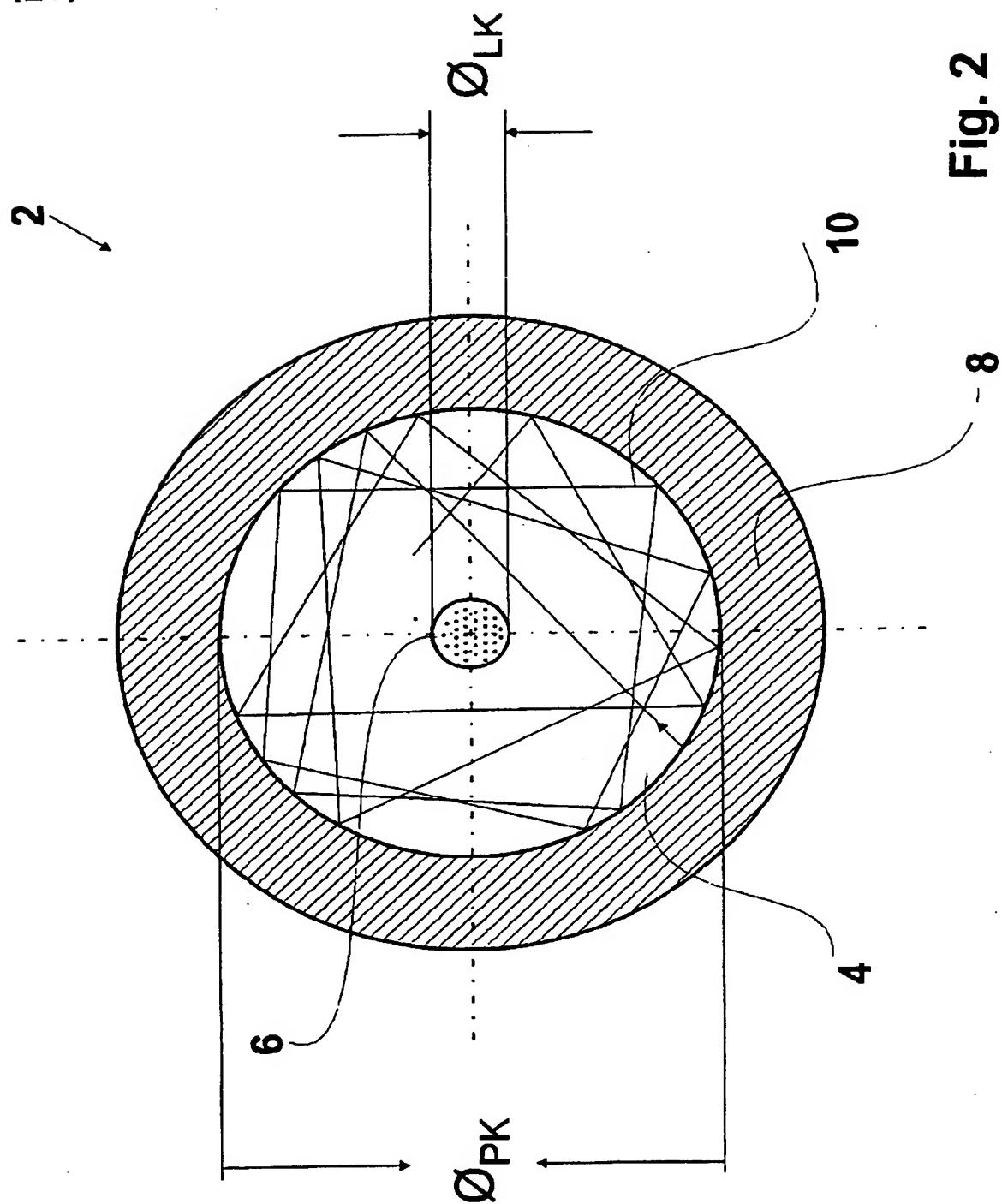
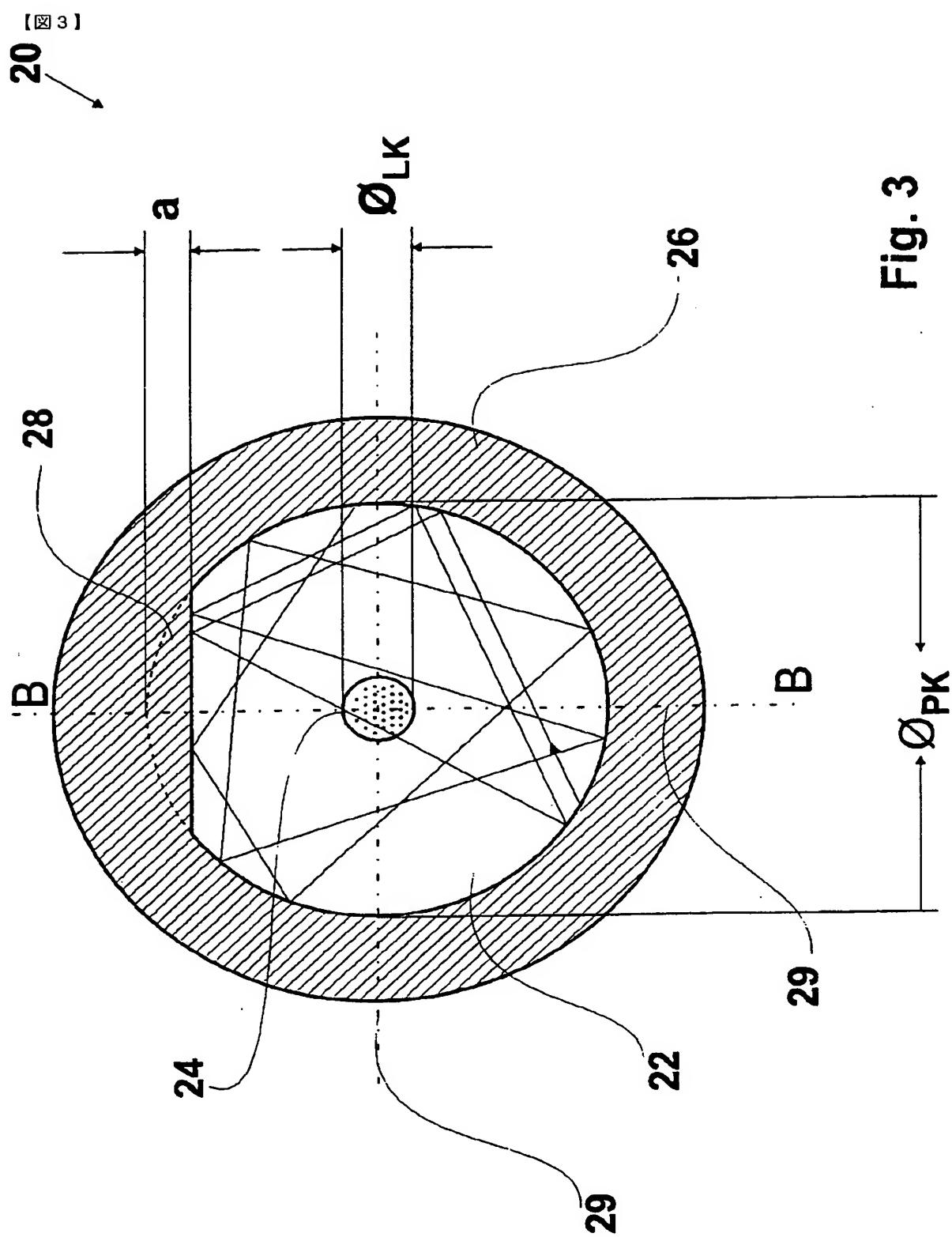


Fig. 2



【図4】

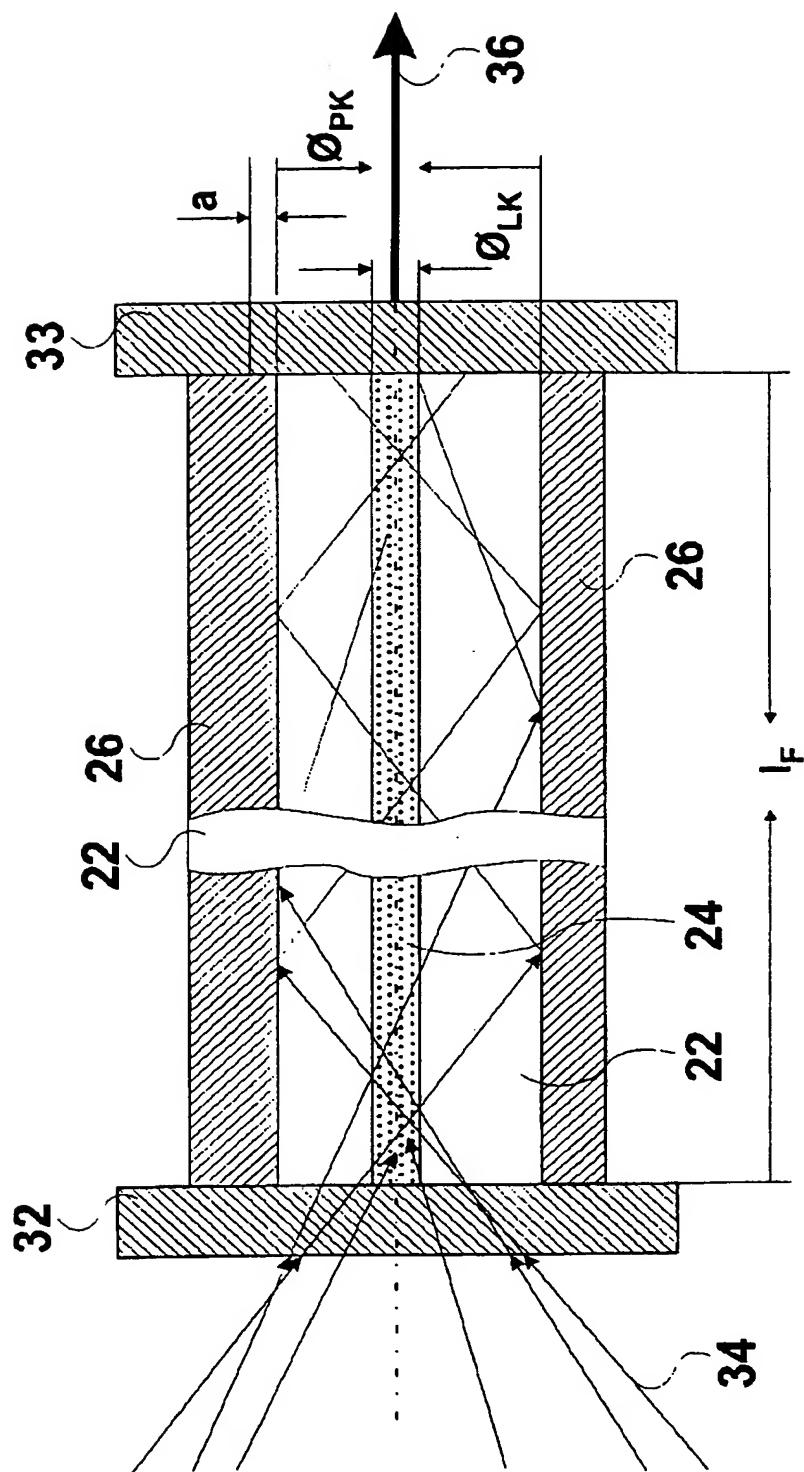


Fig. 4

【図5】

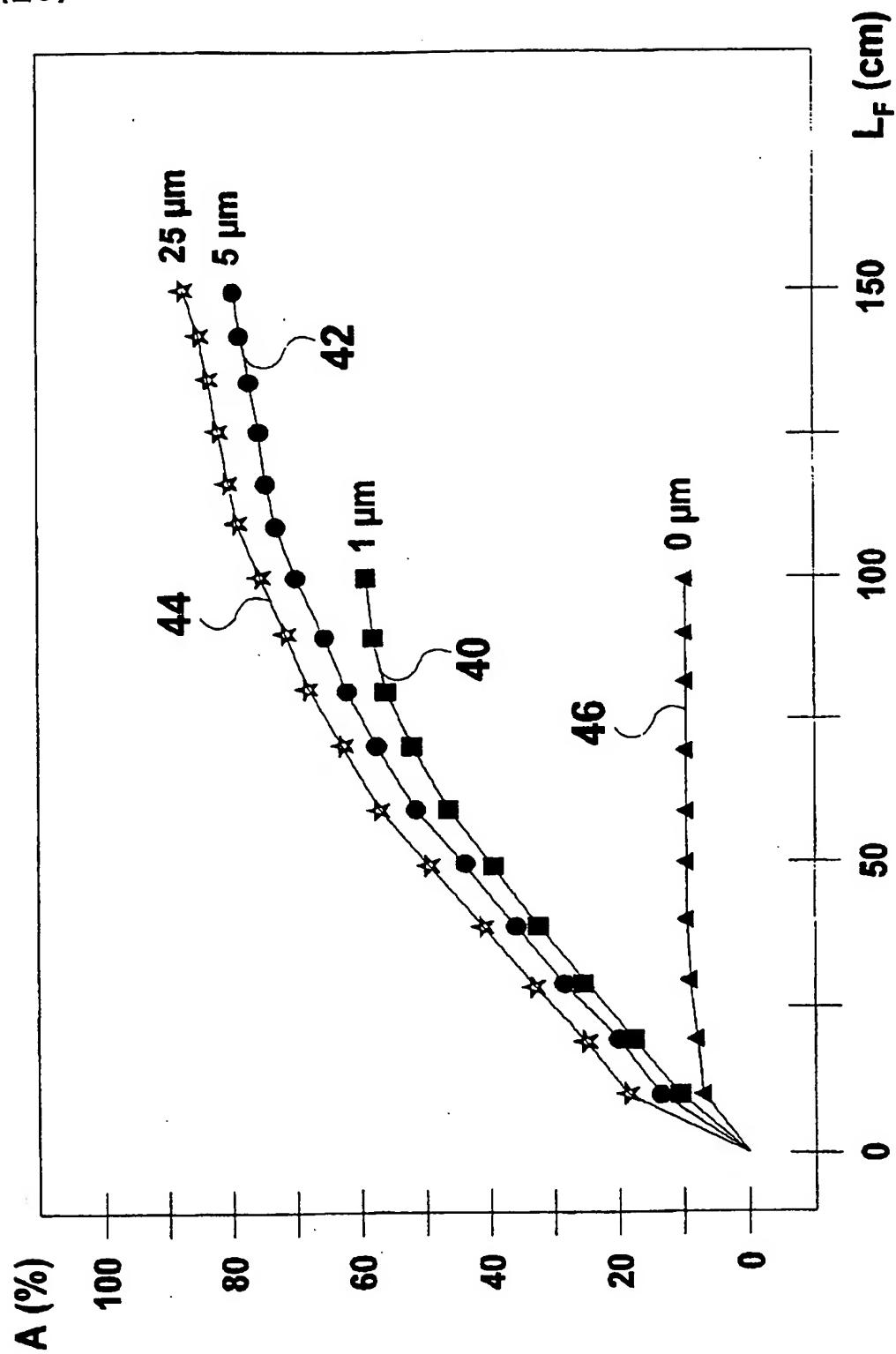
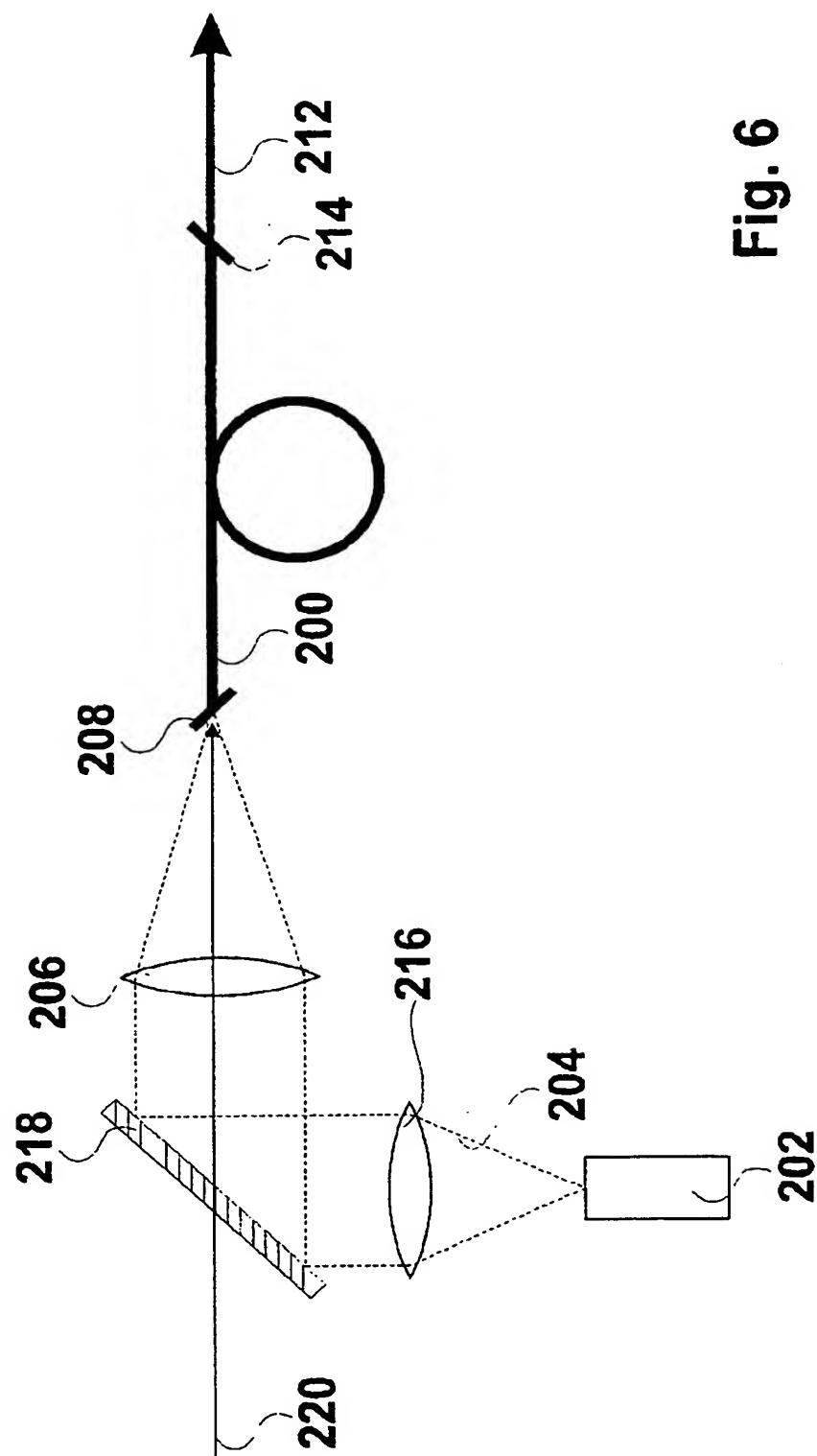


Fig. 5

〔四六〕



6  
Fig.

【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 96/04187A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01S3/06 H01S3/094 C03B37/01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01S C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data bases consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 815 079 (SNITZER ELIAS ET AL) 21 March 1989 cited in the application see abstract ---	1
A	US,A,5 418 880 (LEWIS JOHN R ET AL) 23 May 1995 see column 6, line 60 - column 7, line 14 ---	1,8,12
A	US,A,5 373 576 (MINNS RICHARD A ET AL) 13 December 1994 see column 3, line 52 - column 4, line 15 -----	1

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 January 1997

Date of mailing of the international search report

05.02.97

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P. B. 5018 Patentlan 2  
NL - 2220 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 346-2040, Tx. 31 651 epc ol.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Galanti, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 96/04187

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US-A-4815079	21-03-89	CA-A-	1324517	23-11-93
		DE-A-	3874701	22-10-92
		EP-A-	0320990	21-06-89
		JP-A-	1260405	17-10-89
US-A-5418880	23-05-95	WO-A-	9604701	15-02-96
US-A-5373576	13-12-94	NONE		

フロントページの続き

(72)発明者 ウンガー、ゾンヤ  
ドイツ連邦共和国 D-07743 イエナ  
タールシュトラーセ 16  
(72)発明者 ライヒェル、フォルカー  
ドイツ連邦共和国 D-07743 イエナ  
アム タイヒ 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
  - COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
  - LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**